

**MÉTODOS DE YUAN Y ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCIÓN
ATÓMICA (E. A. A.) PARA DETERMINACIÓN DE ALUMINIO
INTERCAMBIABLE EN SUELOS CAFETEROS COLOMBIANOS.**

Ignacio Federico Carrillo-Pachón *
Alvaro Gómez-Aristizábal **

INTRODUCCION

El estudio del aluminio en los suelos ha recibido especial atención en los últimos años, debido a los efectos perjudiciales producidos en algunas plantas por este elemento, tales como inhibición de la división celular y precipitación del fósforo como fosfato de aluminio en las raíces (1, 4, 6, 9, 10), lo cual trae como consecuencia un retardo en el desarrollo normal de las plantas.

León (8) enfatiza sobre la relación estrecha entre el pH del suelo y el contenido de aluminio intercambiable. Cervantes y otros (2), encontraron una relación muy estrecha, de tipo lineal, entre el pH y el Al^{3+} en suelos colombianos, y que las variaciones de pH debidas al Al intercambiable no estaban afectadas por la cantidad de materia orgánica.

En los suelos óptimos para el cultivo del café, el pH se encuentra cerca de 5,5 y muchos de ellos tienen Al^{3+} intercambiable en cantidades mayores de 0,5 me/100 g de suelo.

El uso reiterado y excesivo de fertilizantes de reacción ácida puede desviar el pH del suelo hacia valores más ácidos (11) y aumentar el Al^{3+} intercambiable.

* Asistente de la Sección de Química Agrícola del Centro Nacional de Investigaciones de Café, Chinchiná, Caldas, Colombia.

** Jefe de la Sección de Conservación de Suelos y Jefe Encargado de la Sección de Química Agrícola del Centro Nacional de Investigaciones de Café, Chinchiná, Caldas, Colombia.

Para la obtención del aluminio intercambiable, Kamprath (6) aconseja 5 minutos de extracción con KCl 1N.

Franco y Gómez (3) estudiaron en Cenicafé 6 métodos de análisis para determinar Al^{3+} intercambiable (sin incluir espectrofotometría de absorción atómica) en suelos cafeteros derivados de cenizas volcánicas y encontraron que el método de Yuan con 5 minutos de extracción era el más económico, rápido y de muy alta repetibilidad.

En el laboratorio de Química de Cenicafé, se efectúan los análisis para el reconocimiento de los suelos de la zona cafetera que adelanta el Programa de Desarrollo de la Federación de Cafeteros. El presente estudio se hizo con el fin de comparar los métodos de Yuan y E. A. A. (5, 12, 13), en cuanto a rapidez, exactitud, economía, repetibilidad y posibles interferencias de H y Fe en el método de Yuan.

MATERIALES Y METODOS

Se procedió a comparar 108 muestras de suelos y subsuelos de la zona cafetera colombiana tomadas por el Programa de Desarrollo de Federacafé, de diferentes materiales parentales (anexo 1).

El pH de las muestras varió de 4,2 a 8,9, la materia orgánica de 0,0 a 26,3 % y el hierro de 3 a 295 ppm.

El KCl 1N como solución extractora y el tiempo de extracción (5 minutos) fueron comunes para las metodologías Yuan y propuesta para E. A. A.

En el método de Yuan se tituló al Al^{3+} directamente en el extracto frente a fenoltaleína (14).

Se propuso un método por E. A. A. basado en el recomendado por la casa Perkin Elmer el cual consiste en coprecipitar el aluminio con hierro, en forma de hidróxidos en el extracto; se separan luego por centrifugación y el residuo se disuelve en ácido clorhídrico para ser leído en el aparato de E. A. A. En el método seguido en el experimento, se leyó directamente el Al^{3+} en el extracto. Esta modificación se hizo en razón de que al efectuar el análisis sobre los patrones por el método original de Laflamme y el método modificado, los resultados fueron iguales.

Las extracciones se efectuaron con 100 ml de KCl 1N por 10 g de suelo seco, con un agitador mecánico durante 5 minutos, y las determinaciones por E. A. A. se hicieron en equipo Perkin Elmer 403, con lámpara de cátodo hueco de aluminio y el análisis se hizo con llama de óxido nitroso-acetileno en condiciones óptimas de flujos y alineación.

RESULTADOS Y DISCUSION

Para determinar la repetibilidad del método de E. A. A. para aluminio intercambiable se analizaron estadísticamente los resultados obtenidos en dos series de 30 análisis sobre una misma muestra. Se encontró una repetibilidad muy alta (tabla 1).

TABLA 1.- REPETIBILIDAD DEL METODO DE E. A. A. EN DOS SERIES DE 30 DETERMINACIONES CADA UNA.

	m. e. de Al/100 g Suelo	
	Serie 1	Serie 2
Mínimo Al ³⁺	6,00	5,90
Máximo Al ³⁺	6,90	7,10
Promedio Al ³⁺	6,51	6,52
Análisis Varianza		
- Dentro de series	No Sig.	No Sig.
- Entre series		No Sig.
C V %	4,33	6,34
Repetibilidad	Muy alta	Muy alta

Paralelamente, en la misma muestra, el método de Yuan dió 6,47 me de Al/100 g de suelo en promedio de 3 determinaciones. La repetibilidad calculada por Franco y Gómez (3) para este método fué de 83,3 (alta). El método de E. A. A. dió 6,51 me/100 g de suelo. La sensibilidad del método E. A. A. fué de 0,01 me Al/100 g de suelo y la de Yuan fué de 0,05 me/100 g de suelo.

Los análisis de Al intercambiable, para los 108 suelos y subsuelos cafeteros realizados por los métodos de Yuan y E. A. A. (Anexo 1), se sometieron a análisis de varianza. No se encontró diferencia significativa entre los métodos (tabla 2), lo cual indica que ambos son confiables y que no hubo diferencias atribuibles a interferencias de hierro en el método de Yuan con las cantidades de Fe encontradas (de 3 a 295 ppm).

TABLA 2.- ANALISIS DE VARIANZA PARA EL Al INTERCAMBIABLE EN 108 SUELOS Y SUBSUELOS CAFETEROS DETERMINADO POR LOS METODOS DE YUAN Y E. A. A.

Factores de Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Entre métodos	1	0,0113	0,0113	0
Dentro de métodos	214	3.822,8946	17,8640	
Total	215	3.822,9059		

El Al intercambiable de los suelos y subsuelos analizados (Anexo 1) fué superior a pH menores.

No se encontró relación entre el contenido de aluminio intercambiable y el material de origen ni entre aluminio y el contenido de materia orgánica. Esto último está de acuerdo con los resultados obtenidos por Cervantes y colaboradores (2), al estudiar Al y materia orgánica en suelos colombianos.

En suelos con pH mayores de 5,7 el Al intercambiable está por debajo de 1,0 me/100 g de suelo y con pH menores de 5,2 los valores de Al siempre son mayores de 1,0 me/100 g de suelo. Lo anterior corrobora que la acidez del suelo incrementa el Al intercambiable, pero no se encontró la relación estrecha Al-pH encontrada por varios investigadores (2).

RESUMEN

Por los métodos de Yuan y Espectrofotometría de Absorción Atómica se efectuaron análisis de Al intercambiable en 45 muestras de suelos y 63 de subsuelos originados de 14 materiales parentales diferentes.

La extracción se hizo con KCl 1N por 5 minutos. Por E. A. A. se determinó directamente el Al^{3+} en el extracto. No se encontraron diferencias significativas estadísticamente entre los métodos y ambos presentaron alta repetibilidad y exactitud. Los valores de aluminio intercambiable variaron de 0,0 a 19,76 me/100 g de suelo.

Se encontró que en los suelos con pH mayores de 5,7 el Al intercambiable está por debajo de 1,0 me/100 g de suelo y en los suelos con pH menores de 5,2 los valores del Al siempre son mayores de 1,0 me/100 g de suelo.

SUMMARY

Interchangeable aluminum was detected in 45 soil samples and 63 subsoil samples which originated from 14 different parental materials. Yuan and Atomic Absorption Spectrophotometry (A. A. S.) methods were used for the analysis.

The extraction was done with KCl 1N for five minutes. Al^{3+} was detected directly in the extract by A. A. S. There were no statistically significant differences between the methods,

since both showed high repeatability. Interchangeable aluminum values ranged from 0.0 to 19.76 me/100 grams of soil.

Interchangeable aluminum content is below 1.0 me/100 grams in soils with pH above 5.7 whereas in soils with pH below 5.2, all values are higher than 1.0 me/100 grams of soil.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- BARTLETT, R. J. and RIEGO, D. C. Toxicity of hydroxy aluminum in relation to pH and phosphorus. *Soil Science* 114(3):194-200. 1972.
- 2.- CERVANTES, O., LEON S., A. y MARIN M., G. Relaciones entre pH, aluminio y materia orgánica en algunos suelos de Colombia. *Revista ICA (Colombia)* 5(1):43-64. 1970.
- 3.- FRANCO A., H. F. y GOMEZ A., A. Métodos de análisis de aluminio de cambio en suelos andosólicos colombianos. *Cenicafé (Colombia)* 26(3):109-121. 1975.
- 4.- GARAVITO, F. Propiedades químicas de los suelos. Bogotá, Colombia, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", Subdirección Agrológica 10(11):1-413. 1974.
- 5.- HOYT, P. B. and WEBBER, M. D. Rapid measurement of plant-available aluminum and manganese in acid canadian soils. *Canadian Journal of Soil Science* 54(1):53. 1974.
- 6.- KAMPRATH, E. J. Soil acidity and response to liming. North Carolina Agricultural Experiment Station Technical Bulletin no. 4. 1967. 18 p. (International Soil Testing Series).
- 7.- LEON S., A. Teorías modernas sobre la naturaleza de la acidez del suelo. III. Neutralización de la acidez del suelo. *Suelos Ecuatoriales (Colombia)* 3(1):13. 1971.
- 9.- MORTVEDT J., J. Efectividad de los micronutrientes y los macronutrientes. *En Coloquio Nacional de Suelos*, 3^o. Resúmenes. Bogotá, Colombia, 1973.
- 10.- SANTANA, M. B. M., ROSAND, P. C. y MIRANDA, E. R. De. Toxidez do alumínio em plântulas de cacau. *Revista Theobroma (Brasil)* 3(4):11-21. 1973.
- 11.- VALENCIA A., G. Portadores de nitrógeno y crecimiento del cafeto según el pH del suelo. *Cenicafé (Colombia)* 25(1):30. 1974.
- 12.- WALSH, L. M., ed. Instrumental methods for analysis of soils and plant tissue. Wisconsin, Soil Science Society of America, 1971. 222 p.
- 13.- WEBBER, M. D. Atomic absorption measurements of al in plant digests and neutral salt extracts of soils. *Canadian Journal of Soil Science* 54(1):81-87. 1974.
- 14.- YUAN, T. L. and FISKELL, J. G. A. Aluminum studies. II. The extraction of aluminum from some Florida soils. *Soil Science Society of America. Proceedings* 23(3):202-205. 1959.

APENDICE 1.- ALUMINIO INTERCAMBIABLE DETERMINADO POR LOS METODOS DE YUAN Y E. A. EN 108 MUESTRAS DE SUELOS Y SUBSUELOS CAFETEROS.

Material de Origen Suelo	Departamento	Municipio	Capa	Espesor cm	pH	M.O. o/o	Al Yuan me/100g	Al E.A.A. me/100g
Areniscas	Cundinamarca	S. Bernardo	I	40	5.6	13.4	0.20	0.11
"	"	"	II	10	5.9	10.2	0.13	0.11
"	"	"	III	X	6.2	4.9	0.05	0.05
"	"	Pasca	I	30	6.4	7.3	0.03	0.05
"	"	"	II	15	6.4	6.1	0.10	0.07
"	"	"	III	X	6.7	1.4	0.0	0.03
"	"	Silvania	I	20	5.8	19.9	0.10	0.11
"	"	"	II	10	5.6	4.8	0.28	0.22
"	"	"	III	40	6.0	1.0	0.45	0.33
"	"	"	IV	X	5.0	0.0	4.77	4.76
"	"	Guaduas	I	10	5.2	1.4	1.02	1.00
"	"	"	II	X	6.0	0.2	0.85	0.07
"	"	Quebradanegra	I	15	5.7	5.1	0.0	0.00
"	"	"	II	X	5.0	0.8	5.14	5.00
"	"	La Mesa	I	20	5.7	5.4	0.19	0.10
"	"	"	II	X	7.5	6.6	0.05	0.00
"	"	Viani	I	35	5.7	2.2	0.09	0.08
"	"	"	II	25	4.8	0.5	12.30	10.80
"	"	"	III	40	4.6	0.2	18.07	15.40
"	"	"	I	30	5.5	1.9	0.28	0.20
"	"	"	II	20	5.4	0.5	0.59	0.58
"	"	"	III	X	5.5	0.2	1.09	1.12
"	"	"	II	10	4.3	3.2	4.12	4.70
"	"	Fusagasugá	I	15	4.7	1.0	6.34	7.70
"	"	"	II	20	4.6	0.5	8.34	10.10
"	"	"	III	X	4.6	0.3	7.89	9.30
"	"	Tibacuy	I	25	5.4	7.5	0.09	0.10
"	"	"	II	25	5.7	5.8	0.05	0.00
"	"	Alpujarra	I	26	4.5	0.85	1.04	0.88
"	Tolima	"	III	X	5.0	0.51	1.43	1.31
"	"	"	I	30	5.8	0.67	0.10	0.01
"	Antioquia	S. Antonio	I		5.1	5.50	2.40	2.53
"	"	Amagá	I		5.1	3.50	0.30	1.21
"	"	Veneza	I		5.1	7.1	0.50	1.21
"	"	Supatá	I	40	5.3		2.89	3.30
Cenizas Volcánicas	Cundinamarca							

APENDICE 1.- Continuación.

Material de Origen Suelo	Departamento	Municipio	Capa	Espesor cm	pH	M.O. %/o	AI Yuan me/100g	AI E.A.A. me/100g
Cenizas Volcánicas	Cundinamarca	Supatá	II	X	5.7	1.5	1.32	1.50
"	"	Quebradanegra	I	20	5.2	8.3	2.68	3.10
"	"	"	II	20	5.4	1.4	2.85	3.10
"	"	"	III	X	5.3	0.0	8.08	6.60
"	"	Viani	I	35	6.3	11.4	0.05	0.08
"	"	"	II	1.0	6.0	7.5	0.14	0.14
"	"	"	III	X	5.4	4.6	0.19	0.08
"	"	La Palma	I	40	5.3	9.7	0.95	1.08
"	"	"	II	20	5.9	3.1	0.05	0.07
"	"	"	III	X	5.7	1.9	0.05	0.05
"	"	Viotá	I	35	5.5	25.9	0.25	0.02
"	"	"	II	25	5.4	14.4	0.24	0.02
"	"	"	III	X	5.4	4.3	0.11	0.10
"	"	Tibacuy	I	40	4.8	9.2	3.37	3.90
"	"	"	II	20	4.8	5.8	1.43	1.70
"	"	"	III	15	5.2	4.1	0.36	0.40
"	"	Jardín	II	5.3	5.3	4.1	1.60	1.54
"	Antioquia	Fredonia	I	15	8.3	0.8	0.0	0.00
"	"	Villeta	II	20	8.1	2.5	0.0	0.00
Esquistos Pizarrosos	Cundinamarca	"	III	X	7.7	1.5	0.0	0.05
"	"	"	I	15	5.7	4.4	0.09	0.10
"	"	Guayabal de	II	20	6.2	1.0	0.0	0.10
"	"	Siquima	III	X	6.5	1.0	0.0	0.00
"	Tolima	Villarrica	II	45	4.3	1.85	19.76	15.28
"	"	Dolores	I	35	4.2	3.23	11.02	9.93
"	Cundinamarca	Tena	I	35	5.0	2.4	3.41	3.10
"	"	"	II	30	5.2	1.4	3.12	2.90
"	"	"	III	30	4.9	1.0	8.89	7.40
"	"	Quipile	I	40	7.8	2.7	0.0	0.03
"	"	"	II	30	7.9	1.4	0.0	0.03
"	"	"	III	25	7.9	0.7	0.0	0.03
"	"	Caparrapi	I	5	5.9	4.1	0.05	0.00
"	"	"	II	25	5.6	0.5	1.09	1.06
"	"	"	III	45	5.7	0.2	1.51	1.50
"	"	"	IV	X	8.5	0.2	0.0	0.01
"	"	La Palma	I	30	7.9	4.3	0.0	0.03

APENDICE 1.- Continuación.

Material de Origen Suelo	Departamento	Municipio	Capa	Espesor cm	pH	M.O. o/o	Al Yuan me/100g	Al E.A.A. me/100g
Esquistos Pizarrosos	Cundinamarca	La Palma	II	X	6.9	8.2	0.0	0.02
Aglomerados	Antioquia	Tatso	III		5.1	0.7	4.85	5.06
Basalto	"	Andes	II		5.8	1.1	0.05	0.05
Diorita anfibólica	"	Salgar	I		6.4	2.3	0.00	0.02
Andesita hornbléndica	"	Heliconia	I		5.6	13.8	0.24	0.05
Esquistos	"	Titiribi	II		5.7	0.4	2.12	2.20
"	"	Angelópolis	I		6.8	3.6	0.05	0.02
"	Cundinamarca	Cumaca (Cto)	I	20	5.1	4.6	7.88	7.48
"	"	"	II	45	4.5	1.2	16.72	15.22
"	"	"	III	40	4.6	1.0	16.56	15.22
Aluviones	"	La Vega	I	60	5.4	6.3	0.43	0.50
"	"	"	II	X	5.3	0.5	2.25	2.40
Conglomerados	Boyacá	Garagosa	I	X	6.6	0.5	0.0	0.00
"	Tolima	Arnero	I	X	4.7	0.0	2.66	2.94
"	Cundinamarca	Guaduas	I	50	6.4	1.2	0.0	0.00
"	"	"	II	X	5.8	0.3	0.09	0.10
Coluvios	"	Urica	I	X	7.8	7.1	0.0	0.05
"	"	"	I	X	7.8	7.0	0.0	0.00
"	"	Quipile	I	25	5.4	1.7	3.64	3.50
"	"	"	II	30	7.8	2.7	0.05	0.00
"	"	"	III	X	7.9	2.5	0.05	0.00
"	"	Pacho	I	30	5.0	3.9	2.27	2.55
"	"	"	II	20	5.0	1.2	2.27	2.44
"	"	"	III	X	5.3	0.5	8.89	9.00
"	"	Viotá	I	15	4.7	10.4	3.93	3.80
"	"	"	II	30	4.8	1.8	6.85	8.10
"	"	"	III	X	4.6	0.7	10.58	13.00
"	"	"	I	20	4.7	9.0	3.90	4.30
"	"	"	II	40	4.7	2.2	8.04	9.70
"	"	"	III	X	4.7	1.4	14.25	18.00
Toba Andesítica	Tolima	Cajamarca	I	50	6.5	5.8	0.03	0.01
Granito	"	Ibaqué	II	X	5.5	0.34	0.51	0.34
"	"	"	I	20	6.0	2.86	0.12	0.03
Arcilla	"	S. Antonio	II	X	7.5	0.34	0.05	0.01
"	Cundinamarca	Arbeláez	I	20	7.0	2.40	0.03	0.00
"	"	"	II	25	8.9	0.0	0.0	0.00
"	"	"	III	X	8.0	0.50	0.0	0.00